

Caracterização de atributos do solo em áreas de barragem subterrânea no semi-árido brasileiro





*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Solos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1678-0892

Dezembro, 2008

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 128

Caracterização de atributos do solo em áreas de barragem subterrânea no semi-árido brasileiro

Maria Sonia Lopes da Silva

José Barbosa dos Anjos

Gizelia Barbosa Ferreira

Tony Jarbas Ferreira Cunha

Roberto da Boa Viagem Parahyba

Manoel Batista de Oliveira Neto

José Carlos Pereira dos Santos

Rio de Janeiro, RJ
2008

Embrapa Solos

Rua Jardim Botânico, 1.024 Jardim Botânico. Rio de Janeiro, RJ

Fone: (21) 2179-4500

Fax: (21) 2274.5291

Home page: www.cnps.embrapa.br

E-mail (sac): sac@cnps.embrapa.br

Comitê Local de Publicações

Presidente: Aluísio Granato de Andrade

Secretário-Executivo: Antônio Ramalho Filho

Membros: Marcelo Machado de Moraes, Jacqueline S. Rezende Mattos, Marie Elisabeth C. Claessen, José Coelho de A. Filho, Paulo Emílio F. da Motta, Vinícius de Melo Benites, Elaine Cristina Cardoso Fidalgo, Maria de Lourdes Mendonça Santos Brefin, Pedro Luiz de Freitas, Waldir de Carvalho Júnior.

Supervisor editorial: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Revisor de Português: *André Luiz da Silva Lopes*

Normalização bibliográfica: *Ricardo Arcanjo de Lima*

Editoração eletrônica: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

1ª edição

1ª impressão (2008): online

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

S586c Silva, Maria Sonia Lopes da.

Caracterização de atributos do solo em áreas de barragem subterrânea no semi-árido brasileiro / Maria Sonia Lopes da Silva ... [et al.]. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2008. 26 p.: il. — (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-0892 ; 128).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: <<http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/publicacao.html>>

Título da página da Web (acesso em 20 dez. 2008).

1. Captação de água de chuva. 2. Características do solo. 3. Tecnologia social. 4. Argissolo amarelo. I. Anjos, José Barbosa dos. II. Ferreira, Gizelia Barbosa. III. Cunha, Tony Jarbas Fereira. IV. Parahyba, Roberto da Boa Viagem. V. Oliveira Neto, Manoel Batista de. VI. Santos, José Carlos Pereira dos. VII. Título. VIII. Série.

CDD (21.ed.) 631.44

© Embrapa 2008

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
1. Introdução	9
2. Material e métodos	13
2.1 Localização	13
2.2 Campo	13
2.3 Laboratório	13
2.4 Manejo do solo e da água nas áreas de plantio das barragens subterrâneas	17
3. Resultados e discussão	18
3.1 Atributos morfológicos	18
3.2 Atributos físicos	19
3.3 Atributos químicos	20
3.4 Atributos mineralógicos	23
3.5 Classificação dos solos	23
4. Conclusão	24
5. Referências Bibliográficas	24

Caracterização de atributos do solo em áreas de barragem subterrânea no semi-árido brasileiro*

Maria Sonia Lopes da Silva¹

José Barbosa dos Anjos²

Gizelia Barbosa Ferreira³

Tony Jarbas Ferreira Cunha²

Roberto da Boa Viagem Parahyba¹

Manoel Batista de Oliveira Neto¹

José Carlos Pereira dos Santos¹

Resumo

Um dos aspectos técnicos fundamentais na construção de barragens subterrâneas (BSs) é a caracterização dos atributos do solo da área da unidade produtiva. Objetivando fornecer subsídios sobre o ambiente onde estão locadas barragens subterrâneas, o presente estudo caracterizou os atributos do solo de quatro barragens subterrâneas sucessivas, localizadas na Estação Experimental Manejo da Caatinga, no município de Petrolina, Estado de Pernambuco, Zona Semi-Árida do Nordeste brasileiro. Em cada barragem subterrânea foi aberto um perfil de solo, no qual foi realizada a descrição morfológica e coleta de amostras deformadas por horizonte para caracterização física, química e mineralógica. A caracterização dos atributos dos solos

* Trabalho apresentado no V Congresso Brasileiro de Agroecologia, Guarapari, ES/2006. Desenvolvido com recursos do BNB e CNPq.

¹ Pesquisador da Embrapa Solos - UEP Nordeste. Rua Antônio Falcão, 402. Boa Viagem. Recife, PE. CEP: 51020-240. E-mail: sonia@uep.cnps.embrapa.br; parahyba@cnps.embrapa.br; neto@uep.cnps.embrapa.br; zeca@uep.cnps.embrapa.br.

² Pesquisador da Embrapa Semi-Árido, Caixa Postal 23, Petrolina, PE. CEP: 56302-970. E-mail: jbanjos@cpatsa.embrapa.br; tony@cpatsa.embrapa.br.

³ Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural - PPGADR/Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Campus Araras. Rodovia Anhangüera, km 174 - Caixa Postal 153, Araras, SP. E-mail: gizeliaferreira@gmail.com.

das quatro barragens subterrâneas mostrou pouca variabilidade entre os perfis. A presença de camadas de impedimento físico a partir dos 30 - 35 cm de profundidade ao mesmo tempo em que constituem fator limitante, pode está proporcionando condições favoráveis para armazenar água por mais tempo nas quatro barragens. Os solos das quatro barragens subterrâneas foram classificados como Argissolos Amarelos Eutróficos abrupáticos plínticos. A baixa disponibilidade de água nas camadas superficiais é compensada pelos horizontes subsuperficiais, que apresentam aumento da capacidade de armazenamento de água. Essa característica, aliada a uma menor permeabilidade e uma moderada capacidade de infiltração, permite uma maior e mais demorada condição de armazenamento de água nessa zona de impedimento e acima dela, consequentemente contribuindo para o alcance de boas produtividades.

Termos para Indexação: captação de água de chuva, tecnologia social, características do solo, Argissolo Amarelo.

Characterization of soil attributes in areas under influence of subsurface dams in the Brazilian semi-arid region

Abstract

One of the essential technical aspects in the construction of subsurface dams is the characterization of the soil attributes of the farm area. With the objective of providing subsidies to areas where subsurface dams are located, the present study characterized the soil attributes of four successive subsurface dams, located at "Manejo da Caatinga" Experimental Station, in Petrolina, State of Pernambuco, a semi-arid area of Northeast Brazil. In each subsurface dam, a soil profile was open, and deformed and undeformed soil samples were collected per layer for physical and chemical characterization. The soil attributes of the four subsurface dams showed low variability among profiles. The presence of physical impediment layers and the low soil fertility constitute the main limiting factors. The soils of the four subsurface dams were classified, according to the Brazilian System of Soil Classification, as Argissolos Amarelos Eutróficos abrupticos plínticos, corresponding to Alfisols (Soil Taxonomy). Low water disponibility in surface layers is compensated by the increase of water holding capacity in subsurface layers. This allied with lower permeability and moderate infiltration capacity in and above the obstruction zone contribute to the achievement of good yields.

Index Terms: rainwater catchment, social technology, soil characteristics, Alfisol.

1. Introdução

Barragem subterrânea (BS) é uma alternativa tecnológica social* de captação de água de chuva que contribui com a redução dos efeitos negativos dos longos períodos de estiagem. Contribui para aumentar a disponibilidade de água dentro do solo, reduzindo os riscos da exploração agrícola, consequentemente viabilizando a agricultura em pequenas e médias propriedades rurais do semi-árido brasileiro. É formada por uma parede também chamada de septo impermeável (Figura 1), que parte da rocha ou da camada impermeável até uma altura de aproximadamente 0,7 m acima da superfície do terreno, construída transversalmente à descida da água, objetivando barrar o fluxo de água superficial e subterrâneo de um aquífero pré-existente ou criado concomitantemente, com a construção da barreira impermeável (Figura 1) (FREITAS, 2006; SILVA et al., 2006; COSTA, 2004). Tem como função criar e/ou elevar o nível do lençol freático por meio da infiltração da água, com posterior utilização pelas plantas (SILVA et al., 2007).

É uma alternativa viável quando locada em ambiente adequado que atenda os parâmetros técnicos de construção e de manejo dos recursos solo e água. Estima-se que nos últimos vinte anos têm-se implantado aproximadamente 1000 unidades de barragens subterrâneas no semi-árido do Nordeste do Brasil (COSTA, 2004).

As experiências com BS no Nordeste brasileiro começaram no início da década de 80, por dois grupos de pesquisa, o da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) liderada pelo professor Waldir Duarte Costa, e o grupo da Embrapa Semi-Árido liderado pelo pesquisador Aderaldo de Souza e Silva.

Existem vários modelos de BS quanto ao material utilizado na parede/septo impermeável: argila compactada (barro batido), concreto e de lona plástica. O modelo desenvolvido pelos dois grupos é o de lona plástica de polietileno de 6 micra de espessura.

* Tecnologia Social compreende produtos, técnicas e/ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que represente efetivas soluções de transformação social (www.rts.org.br).



Figura 1. Barragem subterrânea. Foto: Cláudio E. S. Mendonça.

A BS é uma das âncoras do Programa Uma Terra Duas Águas (P1 + 2), constituindo-se uma das opções de captação de água para produção de alimentos (SILVA et al., 2007). O P1 + 2 é um programa de convivência com o semi-árido, que pretende assegurar à população rural o acesso à terra e à água. Tem como princípio básico dotar cada família do semi-árido brasileiro (SAB) de Uma Terra (1), com tamanho suficiente para produzir alimentos, e Duas águas (2), uma para o consumo humano e outra para produção de alimentos e/ou criação de animais. O P 1 + 2 é um Programa de formação e mobilização social para convivência com o semi-árido brasileiro que está sendo implantado em alguns Estados do Nordeste, através de Unidades Pilotos, podendo ser incorporado a programas governamentais como a reforma agrária, "Programa Fome Zero e Sede Zero", "Programa de Combate à Desertificação" e o "Programa Hum Milhão de Cisternas (P1MC)" (GNADLINGER, 2005).

Nos últimos anos tem crescido muito o interesse por parte de empresas públicas, privadas e de movimentos sociais pela implantação de barragens subterrâneas nos agroecossistemas rurais do semi-árido brasileiro. Em decorrência, muitos técnicos e agricultores têm sido treinados quanto aos aspectos construtivos, mas na maioria das vezes, são treinamentos de curta duração, sem carga horária suficiente para formar multiplicadores da tecnologia, que sem experiência exageram a eficiência tecnológica, maquiando suas limitações. Existem muitas unidades improdutivas no Nordeste, em decorrência, principalmente da falta de critérios técnicos na construção destas unidades.

Um dos aspectos técnicos fundamentais na construção de BSs é a avaliação prévia dos atributos do solo da área onde se pretende implantar uma unidade produtiva, visando eficiência da estrutura hidráulica e de seus plantios. A caracterização dos atributos do solo, que consiste em identificar suas propriedades morfológicas, físicas e químicas, antes da implantação de barragens subterrâneas, é fundamental por fornecer subsídios para construção, bem como para o manejo adequado do sistema solo-água-plantas em sua área de plantio.

A morfologia do solo reflete os fatores físicos e químicos resultantes dos processos pedogenéticos de formação. Fornece indicativo sobre o ambiente onde o solo está inserido e sobre suas principais características. A morfologia é caracterizada por meio da descrição do perfil do solo e constitui a primeira informação sobre o potencial do solo de uma área e sobre o ambiente onde está inserida (RESENDE et al., 2005).

O sucesso da exploração agrícola depende, além da qualidade da água fornecida às plantas, das condições físicas (textura, estrutura, consistência, porosidade, retenção de água, etc.) e do manejo da fertilidade do solo (MOREIRA et al., 2007). Um solo pode ser considerado fértil, quando contém quantidades suficientes e em proporções adequadas de nutrientes essenciais às plantas, assim como apresentar propriedades físicas satisfatórias (MOTA, 2004). É imprescindível antes da construção de uma BS se fazer análise de solo, principalmente para se ter idéia sobre tendência/risco à salinização.

Solos aluviais com profundidade da camada impermeável de no máximo 3 m, textura média e preferencialmente não salinos são critérios técnicos recomendados, relativos às características do solo, para locação de BSs.

Solos de textura arenosa como os Neossolos Quartzarênicos geralmente não são indicados para BS devido a sua profundidade e baixa capacidade de retenção de água, porém quando estes solos apresentam uma camada impermeável dentro de 3 m de profundidade, podem ser utilizados com bons resultados. Estes solos possuem baixa perda por capilaridade, característica essa importante para região devido menores taxas de perdas por evaporação.

Os solos argilosos, principalmente os que possuem na sua composição mineralógica argilas 2:1 como o Vertissolo, não devem ser considerados aptos para BS em consequência de suas características de expansão e contração, o que provocaria rachaduras na parede da BS, proporcionando vazamento, além de sua textura muito argilosa dificultar o manejo da área de plantio dentro da bacia (área de plantio). Já os solos argilosos com argilas 1:1 podem apresentar propriedades favoráveis, proporcionando maior aglutinação das partículas, consequentemente maior retenção de água e nutrientes e melhores condições de manejo, principalmente no período de chuvas.

Outra característica do solo importante na construção e manejo de BSs é a estrutura. O arranjo das partículas na massa do solo é indicativo importante na locação e manejo da tecnologia. Solos bem estruturados permitem uma porosidade adequada para o crescimento das culturas após a germinação das sementes, permitindo que as raízes explorem um maior volume de solo em busca de ar, umidade e nutrientes. Solos com estruturas prismática, laminar ou colunar não são muito recomendáveis para construção de barragens subterrâneas, pois apresentam baixa permeabilidade da água e baixa penetração das raízes. A textura e a estrutura do solo influenciam na quantidade de ar e de água que as plantas em crescimento podem obter, constituindo atributos importantes para locação e manejo das áreas de plantio das barragens subterrâneas.

Diante do exposto, visando fornecer subsídios sobre o ambiente onde estão locadas algumas unidades de barragens subterrâneas, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar os atributos morfológicos, físicos e químicos do solo de quatro barragens subterrâneas, no Semi-Árido do Nordeste brasileiro.

2. Material e Métodos

2.1. Localização

O estudo foi realizado em quatro barragens subterrâneas sucessivas (BS1, BS2, BS3 e BS4), localizadas na Estação Experimental "Manejo da Caatinga" da Embrapa Semi-Árido (Figura 2), no município de Petrolina, Zona Semi-Árida, do Estado de Pernambuco, região Nordeste do Brasil (Figura 3) em ambiente de relevo plano a suave ondulado.

2.2. Campo

Em cada barragem subterrânea foi aberto um perfil de solo, no qual foi realizada a descrição morfológica e coleta de amostras deformadas por horizontes, obedecendo às normas e critérios adotados por Santos et al. (2005). Foram descritos os seguintes atributos morfológicos: tipo e espessura dos horizontes, cor, textura, estrutura, porosidade, consistência, transição e outras observadas nos perfis e ao redor.

2.3. Laboratório

As amostras sofreram o mesmo pré-tratamento, ou seja, foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras com abertura de 2 mm, para obtenção das frações calhaus, cascalho e terra fina seca ao ar (TFSA). Nesta última, foram realizadas as análises com exceção do estudo da composição das frações mais grosseiras. Para a apresentação dos resultados em relação à terra fina seca em estufa (TFSE), foi utilizado um fator de correção determinado em 20 g de solo, que expressa a relação entre peso da TFSA e TFSE, que origina o fator de correção da umidade: $f = 20 \text{ g de TFSA/peso da amostra a } 105^\circ \text{ C}$.

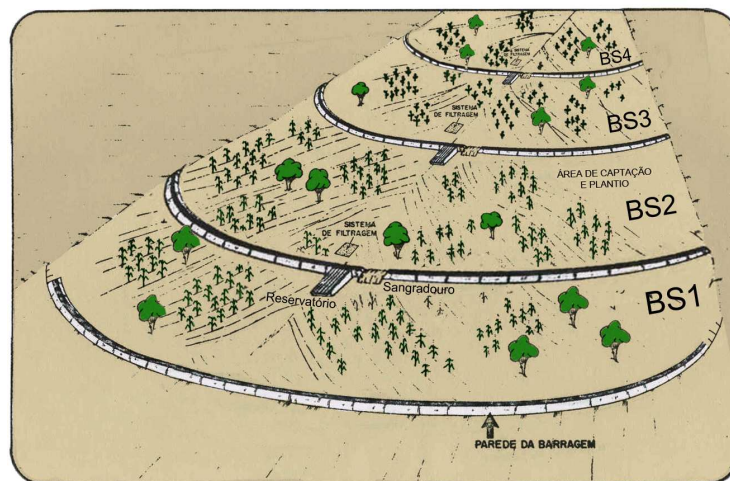


Figura 2. Desenho esquemático mostrando a disposição das quatro barragens subterrâneas localizadas na Estação Experimental "Manejo da Caatinga" da Embrapa Semi-Árido. Petrolina, PE, 1982. (Desenho: Jhones Gomes Lopes).

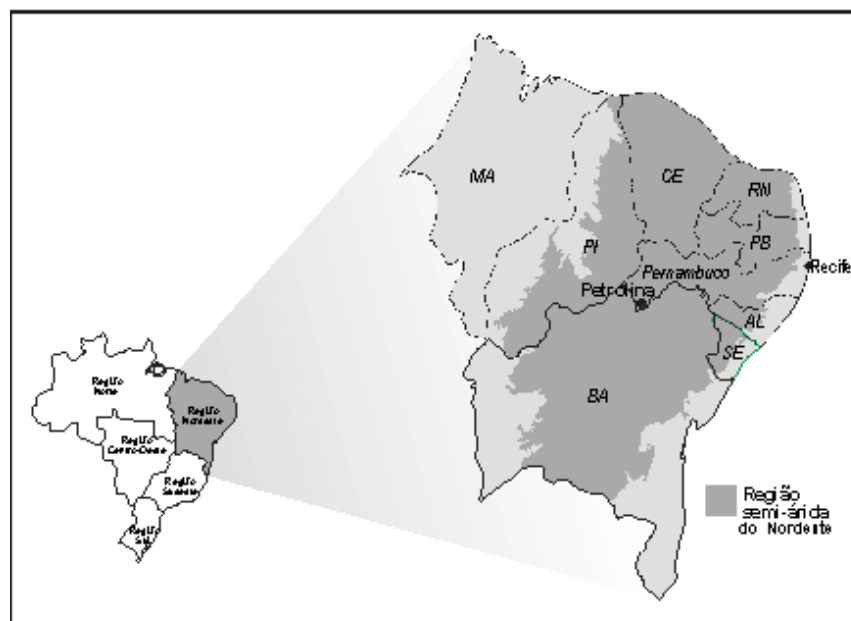


Figura 3. Localização da área em estudo em relação ao Nordeste e Zona Semi-Árida. Petrolina, PE, 2009.

As análises físicas e químicas foram efetuadas no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas, da Embrapa Semi-Árido, em Petrolina-PE. Na caracterização física e química, adotou-se metodologia proposta no Manual Técnico de Análises de Solos (EMBRAPA, 1997).

2.3.1. Análises físicas

⇒ Densidade das partículas: determinada utilizando balão volumétrico de 50 mL, utilizando 20 g de TFSE e álcool como fluído para determinação do volume ocupado pelas partículas;

⇒ Densidade do solo: pelo método da proveta, determinada através do peso de solo compactado, necessário para completar o volume de uma proveta de 100 mL;

⇒ Porosidade total: calculada a partir dos valores de densidade de partícula do solo, segundo a fórmula: $P = (D_p - D_s) \times 100/D_p$;

⇒ Composição granulométrica: através do método da proveta, usando hidróxido de sódio como dispersante;

⇒ Relação silte/argila: calculada em função dos percentuais de silte e argila.

2.3.2. Análises químicas

⇒ pH em H₂O: determinado numa suspensão solo-líquido, de aproximadamente 1:2,5, agitada e deixada em repouso por uma hora. Após uma hora, agitou-se novamente e fez-se a leitura em potenciômetro;

⇒ Condutividade elétrica: em pasta de saturação, em que 10g de solo foi misturado a 25 mL de água. A leitura foi realizada no sobrenadante, após 1h de repouso, utilizando condutivímetro;

⇒ Carbono Orgânico: determinado através do método de oxidação pelo dicromato de potássio 0,4 N e titulado pelo sulfato ferroso;

⇒ Fósforo Assimilável: por meio do método colorimétrico pelo ácido ascórbico, utilizando-se como solução extratora o HCl 0,05 N e H_2SO_4 0,25 N;

⇒ Potássio (K^+) e Sódio (Na^+) trocáveis: extraídos com HCl 0,05 na proporção de 1:10. Foram determinados por fotometria de chama;

⇒ Hidrogênio trocável: calculado pela diferença entre os valores de acidez trocável e do alumínio trocável;

⇒ Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} trocáveis: extraídos com solução de KCl 1 N na proporção de 1:10. Após agitação e repouso, tira-se do sobrenadante duas alíquotas de 50 mL, sendo o Al determinado numa delas pela titulação de acidez com NaOH 0,025 N, usando-se azul de bromotimol como indicador. Nessa mesma alíquota, foi efetuada a determinação de $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{2+}$, com adição de uma gota de água de bromo para destruir o azul de bromotimol, adicionando-se em seguida o coquetel tampão. Já na outra alíquota, foi determinado o Ca^{2+} , adicionando-se trietanolamina 50% e KOH 10%. Ambas soluções foram tituladas com EDTA, usando-se como indicador, erichrome black e murexida, respectivamente; por diferença, obteve-se o Mg^{2+} ;

⇒ Soma de bases trocáveis (valor S): expressa em cmolc/kg^{-1} de terra fina seca em estufa pela expressão: $S = \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{+} + \text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$;

⇒ Capacidade de troca de cátions (T): expressa em cmolc kg^{-1} e calculando somando-se algebricamente os seguintes valores: $T = S + (\text{H}^{+} + \text{Al}^{+++})$;

⇒ Percentagem de saturação por bases (valor V): calculado pela expressão:

$$V\% = 100 S/T$$

2.4. Manejo do solo e da água nas áreas de plantio das barragens subterrâneas

Após as primeiras chuvas, em anos alternados, são realizadas uma aração e uma gradagem, com posterior implantação de curvas de nível, nas áreas de plantio das quatro BSs. No ano seguinte é efetuada apenas uma aração e refeita as curvas de nível. Anualmente são coletadas amostras de solo e água, nos períodos chuvosos (janeiro - abril) e secos (setembro - novembro) para acompanhamento da fertilidade e condutividade elétrica (CE). Os restos culturais são deixados na superfície do solo e incorporados no ano seguinte.

As quatro BSs foram construídas em 1982, em linhas de drenagem. Para aumentar a captação de água foram abertos drenos coletores, os quais convergem para a área de plantio/captação e, sempre que necessário, nos anos subsequentes, são realizadas limpezas e reabertura de tais drenos.

Em cada BS foi colocada uma descarga de fundo, sob a camada impermeável, para quando da saturação do solo o excedente de água ser canalizada para uma cisterna locada a jusante. Esta descarga de fundo tem a função de eliminar o excedente de água, bem como constitui técnica de controle da salinidade, pela lavagem do perfil do solo. Após a construção das barragens foram plantadas fruteiras (BS1 - Goiaba e acerola; BS2 - Limão; BS3 - Graviola; BS4 - Manga) e culturas de subsistência, milho e feijão, nas quatro barragens. As produtividades médias das culturas perenes, no período de 1991/1992 a 2002/2003, foram 5.000, 3.700, 3.000, 9.500 e 1.700 kg ha⁻¹, respectivamente, para manga, graviola, limão, goiaba e acerola. São valores considerados baixos quando comparados aos cultivos sob irrigação. Entretanto, surgem como uma opção para diversificar a exploração agrícola na região semi-árida, nas áreas dependentes de chuva. As produtividades alcançadas com as culturas de subsistência milho e, mais frequentemente o feijão (Tabela 1) chegam a superar a média da região que é de 600 e 1.200 kg ha⁻¹ respectivamente.

Tabela 1. Produtividade das culturas anuais exploradas nas barragens subterrâneas. Embrapa Semi-Árido. Petrolina, 2006.

Barragem	Produtividade, kg ha ⁻¹					
	1982/1983			1990/1991		
	Caupi	Milho	Sorgo	Milho	Sorgo	Caupi
I	542	3.782	4.313	578	1.537	657
II	812	2.605	3.709	596	1.482	874
III	1.093	2.341	4.531	601	1.420	862
IV	-	-	-	537	1.340	642
Média	816	2.909	4.184	578	1.444	759
2004/2005						
I	Gurguéia*	Milho	Sorgo	Arroz	Gergelim	Guandu
II	-	-	-	2.116	2.247	2.188
III	-	3.079	-	-	-	-
IV	1.089	-	-	-	-	-
Média	-	-	4.243	-	-	2.057

Fonte: Silva et al. 2007.

* Feijão.

3. Resultados e discussão

3.1. Atributos morfológicos

Os quatro perfis das BSs estudadas apresentam características morfológicas homogêneas em virtude de estarem inseridos no mesmo ambiente de relevo plano a suave ondulado. Apresentam seqüência de horizontes A, AB, Bt, Btf e C, com subdivisões no Bt, Btf. Os horizontes Btf denotam a presença marcante de plintita. As cores predominantemente encontram-se nos matizes 7,5 e 10YR com valores e cromas altos. Quando secos, exibem cores em tons amarelo-brunado, o que reflete a posição dos mesmos na paisagem, compatível com a drenagem moderada a imperfeita. É comum nos quatro perfis a presença de mosqueados intensos e concreções de ferro e manganês. A seqüência textural é muito semelhante para os quatro perfis, sendo o horizonte superficial (A) franco arenosa no P1 e areia franca no P2, P3 e P4 e franco arenosa, nos horizontes intermediários (AB). Nos horizontes B, comparando os quatro perfis, há acréscimo de argila com a profundidade, constituindo-se em indicativo de translocação, conferindo a estes classe textural que oscilaram entre franco argilo arenosa e argila.

A estrutura é fraca pequena à média blocos subangulares nos horizontes superficiais, passando para fraca à moderada pequena à média blocos subangulares e moderada à pequena média blocos angulares nos subsuperficiais.

São solos que apresentam consistência, quando secos, extremamente dura nos horizontes subsuperficiais, com marcante presença de impedimento físico a partir dos 30 cm (horizonte AB).

Observando os resultados, verifica-se que se trata de solos que apresentam características morfológicas que propiciam média retenção de água e nutrientes e condições favoráveis de manejo do solo, apesar do acúmulo de argila em profundidade. A partir das avaliações em campo da textura, estrutura e consistência pode-se afirmar que os solos estudados possuem potencial para a implantação de BS, podendo apresentar desempenho satisfatório, desde que manejados adequadamente.

3.2. Atributos físicos

Observando a tabela 2, verifica-se, em todos os quatro perfis estudados, que os teores de areia diminuem com a profundidade à medida que os teores de argila aumentam. A relação silte/argila diminui do horizonte A para o Bt. Segundo EMBRAPA (2006), a relação silte/argila é um parâmetro básico para avaliar o grau de intemperismo presente em solos de região tropical. Solos com baixos teores de silte são considerados muito intemperizados. Em geral, os valores da relação silte/argila são mais altos nos horizontes superficiais, provavelmente devido à perda de argila na superfície por eluviação ou dissolução. Os valores de silte (Tabela 2) apresentam distribuição irregular, com tendência de aumento nos horizontes B. São valores considerados baixos ($88 - 235 \text{ g kg}^{-1}$) em todos os perfis, indicando um avançado grau de intemperismo. Os componentes da terra fina, conforme suas proporções caracterizam a textura média/argilosa, nos quatro perfis.

Os aumentos dos teores de argila observados, associado ao tipo de argila 1:1, predominante na fração mineral dos solos dessa área (SILVA, 2000), estão corroborando com o impedimento físico em profundidade.

A densidade do solo (Tabela 2) apresenta valores entre 1,45 e 1,46 kg dm⁻³ nos horizontes A e AB e de 1,55 a 1,82 kg dm⁻³ nos Bts. Esses altos valores de densidade do solo podem estar relacionados com ciclos repetidos de umedecimento e secagem a que estes solos estão submetidos. Sob essas condições, há formação de fluxo de água lateral e basal combinado, o qual acelera a formação de horizontes adensados comprimidos, devido ao suprimimento de argila e melhor empacotamento das partículas. No tocante à porosidade total (Tabela 2), as quatro BSs apresentaram valores similares e muito baixos, oscilando entre 0,29 e 0,43 m³ m⁻³.

Os resultados de densidade do solo a partir de 30 - 35 cm denotam presença de camada adensada que, associada ao acréscimo de argila em profundidade, está contribuindo com impedimento físico detectado na morfologia. Essa camada de impedimento que a princípio pode denotar negatividade, em áreas dependentes de chuva pode ser favorável por reter mais umidade durante maior período de tempo em virtude da drenagem mais lenta, consequentemente maior concentração de nutrientes. Para as culturas anuais, que geralmente possuem sistema radicular em torno desta profundidade, representa possibilidade de alcance de produtividades em anos críticos de chuva. Para as culturas perenes também não há problema, por possuírem sistema radicular mais agressivo possibilitando o rompimento desta camada.

3.3. Atributos químicos

A soma de bases (Valor S) dos solos das quatro barragens é baixa/média (Tabela 3). Nota-se aumentos em profundidade dentro de cada perfil, relacionado à migração de argila dos horizontes superficiais aos subsuperficiais. Os maiores valores da saturação por bases ocorreram nos horizontes mais profundos devido à maior quantidade de argila e de minerais primários liberando cátions básicos. A capacidade de troca de cátions (T) pode ser considerada baixa, principalmente nos horizontes superficiais (4,3 a 5,1 cmolc kg⁻¹), aumentando nos horizontes Bt (4,5 a 9,8 cmolc kg⁻¹), provavelmente devido à eluviação/iluviação de argila. Esses valores menores que 27 cmolc kg⁻¹, sem correção para a carbono, caracterizam esses solos como de atividade baixa (EMBRAPA, 2006). Os teores de matéria orgânica e fósforo são baixos, como é típico na Zona Semi-Árida do Estado de PE.

Tabela 2. Caracterização física de solos de quatro barragens subterrâneas, localizadas na Estação Experimental "Manejo da Caatinga", na Embrapa Semi-Árido. Petrolina-PE, 2006.

Símbolo	Horizonte	Profundidade cm	Densidade		Composição granulométrica			Relação silte/argila
			Solo	Part.**	PTotal*	Areia	silte	argila
			kg dm ⁻³	m ³ m ⁻³		g	kg ⁻¹	
Barragem subterrânea – BS 1								
A	0 - 15	1,46	2,55	43	726	151	123	1,23
AB	15 - 30	1,45	2,54	43	775	88	137	0,64
Bt1	35 - 60	1,56	2,52	38	619	93	288	0,32
Bt2	60 - 85	1,55	2,55	39	506	126	368	0,34
Btf1	85 - 120	1,63	2,60	37	454	109	437	0,25
Btf2	120 - 150	1,65	2,59	36	467	96	437	0,22
C/R	150 - 200+	1,82	2,56	29	363	217	420	0,52
Barragem subterrânea – BS 2								
A	0 - 18	1,46	2,55	43	806	104	90	0,15
AB	18 - 30	1,45	2,54	43	717	205	78	2,63
Bt1	30 - 45	1,56	2,52	38	642	165	193	0,85
Bt2	45 - 65	1,55	2,55	39	624	176	200	0,88
Btf1	65 - 105	1,63	2,60	37	432	181	387	0,47
Bt3	105 - 120	1,65	2,59	36	427	183	390	0,47
Bt4	120 - 150	1,62	2,56	37	325	235	440	0,53
C/R	150 - 170+	1,68	2,55	34	350	220	430	0,51
Barragem subterrânea – BS 3								
A	0 - 15	1,46	2,55	43	796	109	95	0,15
AB	15 - 30	1,45	2,54	43	710	215	75	2,87
Bt1	30 - 53	1,56	2,52	38	642	167	191	0,87
Bt2	53 - 80	1,55	2,55	39	628	174	198	0,88
Btf1	80 - 150	1,63	2,60	37	432	183	385	0,47
C/R	150 - 165+	1,65	2,59	36	445	190	365	0,52
Barragem subterrânea – BS 4								
A	0 - 15	1,46	2,55	43	726	149	125	1,19
AB	15 - 35	1,45	2,54	43	725	136	139	0,97
Bt1	35 - 60	1,56	2,52	38	610	112	278	0,40
Bt2	60 - 80	1,55	2,55	39	510	132	358	0,37
Btf1	80 - 150	1,63	2,60	37	445	98	457	0,21
C/R	150 - 160	1,65	2,59	36	465	104	431	0,24

* PTotal - Porosidade total; ** Part. - Densidade da partícula

Tabela 3. Caracterização química de solos de quatro barragens subterrâneas, localizadas na Estação Experimental "Manejo da Caatinga", na Embrapa Semi-Árido. Petrolina-PE, 2006.

Horizonte	PH	Complexo Sortivo									Valor V	P	C	C.E. (25°C)
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S	Al ³⁺	H ⁺	CTC					
		cmol.kg ⁻¹												
Barragem subterrânea – BS 1														
A	5,1	1,0	0,6	0,16	0,02	1,8	0,1	2,4	4,3	42	5	6,1	0,49	
AB	5,2	1,1	0,7	0,16	0,02	2,0	0,1	2,3	4,4	45	4	3,9	0,30	
Bt1	5,2	2,2	1,0	0,12	0,02	3,3	0,1	2,2	5,6	59	1	1,5	0,12	
Bt2	5,4	2,6	1,5	0,10	0,02	4,2	0,1	1,5	5,8	72	1	1,3	0,14	
Btf1	6,1	3,2	2,3	0,14	0,03	5,7	0,1	0,1	5,9	97	1	1,1	0,20	
Btf2	6,0	3,5	2,4	0,13	0,10	6,1	0,1	0,1	6,3	97	1	1,2	0,22	
C/R	6,4	2,9	2,8	0,13	0,12	5,8	0,1	0,8	6,7	87	1	1,0	0,22	
Barragem subterrânea – BS 2														
A	5,3	1,1	0,7	0,14	0,02	2,0	0,1	2,8	4,9	41	6	6,5	0,29	
AB	5,2	1,2	0,6	0,15	0,02	2,0	0,1	2,6	4,7	43	5	4,1	0,27	
Bt1	5,1	2,0	1,4	0,19	0,02	3,6	0,1	1,7	5,4	67	1	2,8	0,12	
Bt2	5,1	2,3	1,8	0,15	0,03	4,3	0,1	1,5	6,1	70	1	1,4	0,10	
Btf1	6,4	3,4	3,6	0,16	0,03	7,2	0,1	1,1	8,4	86	1	2,3	0,19	
Bt3	6,2	3,2	5,3	0,10	0,20	8,8	0,1	0,9	9,8	90	1	2,1	0,20	
Bt4	6,4	2,2	3,9	0,10	0,50	6,7	0,1	0,4	7,2	93	1	1,3	0,27	
C/R	7,0	2,5	3,6	0,15	0,21	6,5	0,1	0,1	6,7	97	1	1,1	0,28	
Barragem subterrânea – BS 3														
A	5,3	1,9	0,2	0,10	0,06	2,3	0,1	2,6	5,0	46	6	6,4	0,31	
AB	5,2	1,8	0,6	0,07	0,05	2,5	0,1	2,5	5,1	49	4	4,3	0,15	
Bt1	5,3	2,9	1,3	0,05	0,03	4,3	0,1	1,3	5,7	75	1	2,4	0,20	
Bt2	6,2	2,4	2,4	0,06	0,02	5,7	0,1	0,9	6,7	85	1	1,3	0,26	
Btf1	6,5	2,1	1,2	0,08	0,12	4,9	0,1	0,3	5,3	92	1	1,0	0,31	
C/R	6,2	2,2	1,5	0,06	0,10	3,9	0,1	0,5	4,5	87	1	1,2	0,23	
Barragem subterrânea – BS 4														
A	5,2	1,1	0,8	0,10	0,02	2,0	0,1	2,8	4,9	41	7	5,2	0,49	
AB	5,3	1,3	0,7	0,07	0,02	2,1	0,1	2,5	4,7	45	5	5,7	0,30	
Bt1	6,1	2,3	1,2	0,05	0,02	3,6	0,1	1,6	5,3	68	1	2,3	0,12	
Bt2	6,3	2,5	1,3	0,06	0,02	3,9	0,1	1,3	5,3	74	1	1,7	0,14	
Btf1	6,1	3,1	3,4	0,08	0,03	6,6	0,1	1,7	8,4	79	1	1,4	0,20	
C/R	6,4	3,3	5,1	0,06	0,10	8,6	0,1	1,1	9,8	88	1	1,3	0,22	

Os processos de oxi-redução estão presentes nos quatro perfis a partir de 80 cm de profundidade, dando origem ao horizonte B plintíco que constitui horizonte de impedimento. Em função de sua drenagem mais lenta e/ou presença de crostas ferruginosas endurecidas, há aumento da capacidade de armazenamento de água e nutrientes, permitindo um melhor aproveitamento pelo sistema radicular das plantas, o que vem colaborar com aumento da produtividade das culturas.

No geral os atributos dos solos estudados apresentam certas limitações físicas (impedimento físico, provocado pela presença de camadas adensadas, identificadas pela eluviação/iluviação de argila e horizontes plintícos - Btf) e químicas (baixa fertilidade). Entretanto estas limitações não chegam a constituir problemas nas BSs, muito pelo contrário quando bem manejado permite melhor aproveitamento da água pelo sistema radicular das plantas nas áreas de plantio das barragens. Tal característica, quando bem controlada, permite melhor aproveitamento da água pelo sistema radicular das plantas.

3.4. Atributos mineralógicos

Na composição mineralógica da fração argila total dos quatro perfis das BSs estudadas, ocorre caulinita (0,72 e 0,42 nm) como mineral predominante, seguido da mica (1,15 nm), e como traços quartzo, feldspatos, goethita e hematita. A predominância de minerais 1:1 na composição mineralógica proporciona maior aglutinação das partículas, corroborando com maior retenção de água e nutrientes. Esta predominância destes minerais proporciona condições favoráveis de manejo, principalmente no período de chuvas. No que diz respeito aos atributos mineralógicos o solo onde estão inseridas as quatro barragens subterrâneas estudadas apresentam características que satisfaz os parâmetros técnicos de construção.

3.5. Classificação dos solos

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) e resultados analíticos, os perfis de solos das quatro barragens foram classificados como: Argissolos Amarelos Eutróficos abrupticos plintícos, textura média/argilosa, A moderado, caatinga hiperxerófila, relevo plano a suave ondulado.

4. Conclusão

⇒ O impedimento físico, provocado pela presença de camadas adensadas e a presença de horizontes plintícos (Btf), proporciona um comportamento peculiar desses solos que pode ser favorável em termos de suprimento de água às plantas, principalmente na região em que está inserido.

⇒ A baixa disponibilidade de água nas camadas superficiais é compensada pelos horizontes subsuperficiais, que apresenta aumento de capacidade de armazenamento de água. Essa característica, aliada a uma menor permeabilidade e uma moderada capacidade de infiltração, permite uma maior e mais demorada condição de armazenamento de água nessa zona de impedimento e acima dela.

⇒ O preparo do solo em nível e a cobertura do solo com restos culturais são práticas conservacionistas que têm proporcionado nas quatro BSs maior retenção de água e de solo, tendo influência positiva no desempenho das culturas.

5. Referências Bibliográficas

COSTA, W. D. **Manual de barragens subterrâneas**. Recife: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco, 2004. 49 p. il.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997, 212 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 412 p.

FREITAS, I. M. de. **Efeitos ambientais de barragem subterrânea na microbacia do córrego Fundo, região dos Lagos/RJ**. 2006. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Universidade Federal Fluminense.

GNADLINGER, J. O programa uma terra – duas águas (P1 + 2): Água de chuva para os animais e para a agricultura no semi-árido brasileiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 5., 2005, Teresina. **Anais...** Teresina: ABCMAC, 2005. 1 CD-ROM.

JACKSON, M. L. **Soil chemical analysis**: advanced course. 3. ed. Madison: Department of Soil University of Wisconsin, 1979. 895 p.

MOREIRA, J. N.; MORAIS, E. R. C. de; MAIA, C. E.; FERNANDES, J. G. Caracterização química e física dos solos do assentamento de reforma agrária MAISA em Mossoró, RN. **R. de Biologia e Ciências da Terra**. v. 7, n. 2, p 49–55, 2007.

MOTA, J. C. A. **Caracterização física, química e mineralógica, como suporte para manejo, dos principais solos explorados com a cultura do melão na Chapada do Apodi - RN**. 2004. 96 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2004.

RESENDE, M.; CURI, N.; KER, J. C.; REZENDE, S. B. de. **Mineralogia de solos brasileiros**. Lavras, MG: UFLA, 2005. 192 p. il.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J.; ANJOS, L. H. C. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. 5. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 92 p.

SILVA, M. S. L. da. **Caracterização e gênese do adensamento subsuperficial em solos de tabuleiro do semi-árido do Nordeste do Brasil**. 2000. 136 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

SILVA, M. S. L. da; ANJOS, J. B. dos; BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; HONÓRIO, A. P. M. **Barragem subterrânea**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2006. Não paginado. il. (Embrapa Semi-Árido. Instruções técnicas, 75).

SILVA, M. S. L. da; M. C. E. S.; A., J. B. dos; H., A. P. M.; SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L. Barragem subterrânea: água para produção de alimentos. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). **Potencialidades da água de chuva no semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007, v. 1, p. 121-137.